

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и инновационной  
работе Федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования

«Мичуринский государственный аграрный  
университет», доктор экономических  
наук, профессор  
Солопов Владимир Алексеевич

« 18 » апреля 2024 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет» на диссертацию Андреева Сергея Андреевича на тему «Научно-методологические основы энерго-ресурсосбережения в технологических процессах АПК», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энерго-снабжение агропромышленного комплекса (технические науки) в диссертационный совет 35.2.030.03 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева»

### **Актуальность темы диссертационных исследований**

Современное сельскохозяйственное производство сопровождается непрерывными материальными и энергетическими преобразованиями, происходящими с использованием разнообразных технических средств. При этом эффективность производства во многом зависит от качества этих преобразований, определяемого техническими, экономическими, экологическими и социальными факторами, а также их взаимным влиянием. К сожалению, расходование имеющихся энергетических и материальных ресурсов в АПК России происходит недостаточно рационально. Из 22 млрд кВт·ч электроэнергии, отпущенной сельскохозяйственному сектору экономики в 2021 г., 8 млрд кВт·ч оказались безвозвратно утерянными при передаче и в результате неэффективного использования. Доля автономных, экологически чистых источников энергии на селе не превышает 3 % из 3,1 т у.т., приходящихся на одного человека в АПК, около 0,8 т у.т. ежегодно теряется из-за несовершенства используемого оборудования. Потеря водных ресурсов в производственной

сфере сельского хозяйства достигает 40 %, свыше 30 % используемых семян не образуют плодоносящих растений, велик риск выхода из строя неремонтопригодных элементов оборудования сельскохозяйственного назначения.

Перечисленные проблемы явились следствием отсутствия единой методологии в толковании вопросов эффективного использования энергетических и материальных ресурсов, механистического подхода к разграничению возобновляемых и не возобновляемых источников, а также несовершенства общего подхода к оценке эффективности и целесообразности применения разнотипных преобразований. Кроме того, на сегодняшний день нуждаются в существенном совершенствовании электротехнологические способы и технические средства для воздействия на биологические объекты, необходима разработка нового энерго-ресурсосберегающего оборудования для экономии водных ресурсов и эффективного отопления зданий и сооружений, для создания новых преобразователей энергии, повышающих долю экологически чистого децентрализованного энергообеспечения объектов АПК.

Таким образом, разработка научно-обоснованной методологии энерго-ресурсосбережения в технологических процессах АПК, а также электротехнологических способов и технических средств соответствует приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в РФ, утвержденным Указом Президента Российской Федерации № 899 от 7 июля 2011 г.: п. 8 «Энергоэффективность и энергосбережение» согласуется с перечнем критических технологий РФ, утвержденных вышеназванным Указом, а именно п. 20 «Технология создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии» и является актуальной.

### **Соответствие паспорту научной специальности**

Диссертационные исследования соответствуют следующим пунктам паспорта специальности 4.3.2.– Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса: п. 3. Системы теплообеспечения, теплоэнергетическое оборудование и энергосбережение в технологических процессах АПК и социальной инфраструктуре сельского хозяйства, п. 7 Технические средства, электротехнологии, алгоритмы и прикладное программное обеспечение, автоматизированные системы для диагностики и повышения надежности эксплуатации электрооборудования в технологических процессах АПК, п. 9 Электроустановки, электростанции и энергетические комплексы на базе возобновляемых видах энергии для объектов АПК и социальной сфере на селе.



## **Научная новизна полученных результатов**

Научная новизна работы заключается в получении и систематизации новых знаний в области физики преобразования энергии и материи, позволивших анализировать разнотипные материально-энергетические преобразования в соответствии с законом сохранения и взаимного обращения массы и энергии с учетом зависимости эффективности этих преобразований от произведения плотности потока рассматриваемых субстанций и скорости их распространения в упругой среде, обосновать научно-методологические основы энерго-ресурсосбережения, разработать способ сравнительной оценки эффективности разнотипных материально-энергетических преобразований и решить ряд прикладных задач по сбережению энергетических и сырьевых ресурсов в технологических процессах АПК.

## **Обоснованность научных положений, выводов диссертации и их достоверность**

Обоснованность и достоверность теоретических исследований, а также выводов по работе подтверждаются результатами экспериментальных исследований процессов преобразования энергетических и материальных ресурсов в электрогенерирующих установках, в системах водообеспечения и автономного теплообеспечения объектов АПК, микроволновых установках сельскохозяйственного назначения, ветроэнергетических установках, использующих силовые свойства воздушного потока, электрифицированных установках для предпосевной обработки семян, а также при аккумулировании энергии, использованием современных методик, ГОСТов и измерительных приборов.

## **Значимость для науки и практики результатов исследований**

Теоретическая значимость работы заключается в разработке:

- концепции выбора направлений в обеспечении энерго-ресурсосбережения в технологических процессах АПК и способа сравнительной оценки эффективности разнотипных материально-энергетических преобразований;
- ресурсо-энергосберегающего способа подключения грунтовых теплообменников в теплонасосных системах отопления в осциллирующем режиме, электротехнологического способа осаждения пыли в системах отопления с обогреваемыми полами, методики расчета низкотемпературных децентрализованных систем отопления;
- электротехнологического способа интенсификации сжигания топлива в топках водогрейных котлов, математической модели импульсного озониро-

вания топочной камеры и уравнений динамического баланса концентрации озона;

– способа построения энерго-ресурсосберегающей автоматизированной системы коммерческого учета воды при водоснабжении объектов АПК, способа определения условий возникновения вихревой дорожки при ламинарном течении воды в пьезоэлектрических преобразователях и способа преобразования энергии электромагнитного фона промышленного происхождения для питания электронных схем, способа динамической коммутации накопителей электрической энергии, ресурсо-энергосберегающего комбинированного способа управления поливом по отклонению фактической влажности почвы от заданного значения, возмущающим воздействиям и прогнозу выпадения осадков;

– способа экспериментально-теоретического определения эквинапряженного пространства в рабочей камере микроволнового электрооборудования циклического действия, ресурсосберегающих способов распознавания аварийных режимов и алгоритма управления микроволновым генератором;

– методики расчета ресурсосберегающих ветродвигателей с периодически меняющейся активной поверхностью лопастей и многолопастных ветродвигателей, использующих силовые свойства ветра, методики определения минимально допустимого межосевого расстояния двухосевых ресурсосберегающих ветродвигателей;

– перспективных направлений научных исследований по созданию электротехнологических способов и технических средств энерго-ресурсосбережения в производственных процессах АПК, в частности:

- 1) способа осушения воздуха;
- 2) способа оценки качества дражирования семян и определения их размеров без остановки производственного процесса;
- 3) способа дражирования семян в непрерывном режиме и методики расчета рабочих параметров дражиратора с ленточным рабочим органом;
- 4) способа использования инерционных накопителей энергии в системах автономного энергообеспечения стационарных объектов АПК;
- 5) способа утилизации кинетической энергии теплоносителя в автономных отопительных системах;
- 6) способа проведения противоварроатозных мероприятий с применением электромагнитных полей.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования ее результатов при разработке энерго-ресурсосберегающих преобразователей энергии и материальных ресурсов в системах энергообеспечения объектов АПК, при проектировании энерго-ресурсосберегающих систем отопле-



ния, в том числе систем отопления с грунтовыми тепловыми насосами и обогреваемыми полами, при разработке ресурсосберегающих газовых водогрейных котлов с озоновым наддувом и проектировании энерго-ресурсосберегающих систем водообеспечения, при разработке ресурсо-энергосберегающих микроволновых установок сельскохозяйственного назначения с управляемыми режимами обработки и автоматическим отключением при возникновении аварийного режима, и проектировании энерго-ресурсосберегающих преобразователей кинетической энергии ветра, при разработке энергосберегающих установок для осушения воздуха, ресурсо-энергосберегающих дражировщиков семян сельскохозяйственных растений, инерционных накопителей энергии для систем автономного энергообеспечения стационарных объектов АПК утилизации кинетической энергии теплоносителя в автономных системах отопления, а также электротехнологического оборудования для борьбы с варроатозом пчел.

По результатам исследований изготовлены работоспособные установки для микроволновой обработки сельскохозяйственных материалов и переданы для эксплуатации в Киргизскую опытно-селекционную станцию по сахарной свекле. Разработано техническое задание на устройство защиты от аварийных режимов источника СВЧ-энергии сельскохозяйственного назначения. Техническое задание утверждено Министерством электронной промышленности СССР и ВАСХНИЛ и передано предприятию-изготовителю. Результаты научных исследований осциллирующего режима подключения грунтовых теплообменников к испарительному контуру теплового насоса по патентам РФ № 140455 U1, МПК F24D3/08 (2006/01), опубл. 10.05.2014 и № 149505 U1, МПК F24D12/02, (2006/01), опубл. 10.01.2015 переданы ЗАО «Компания «СвязьИнТех», являющегося официальным представителем фирмы NIBE Energy System, для использования при проектировании и монтаже системы обогрева теннисного корта в соответствии с актом внедрения от 09.11.2016. Техническая документация на изготовление электронезависимых газовых водогрейных котлов с озоновым наддувом передана для использования на специализированное производственное предприятие ООО «Термофор» и проектно-исследовательское предприятие ООО «ТехноПромСервис» (г. Новосибирск). Результаты проведенных исследований в области сбережения водных и энергетических ресурсов внедрены на объектах ООО «ЭнергоСтандарт» (Московская область) и используются в учебном процессе по дисциплине «Гидравлика» кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей» ФГБОУ ВО Тверская ГСХА. Промышленные испытания образца вихревого расходомера проведены на объектах ОАО НТП «СФЕРА».

## **Оценка содержания диссертации**

Диссертация состоит из введения, шести глав, общего заключения и списка литературы из 369 наименований, 4 приложений из 135 позиций, включает 388 страниц, 36 рисунков и 4 таблицы.

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируется научная концепция, определяются объект и предмет исследования, представляются основные положения, выносимые на защиту диссертации, а также данные о научной новизне и практической ценности работы.

В первой главе «Состояние энерго-ресурсосбережения в АПК» произведена оценка роли материальных и энергетических ресурсов в жизни и производственной деятельности человека, рассмотрен современный взгляд на классификацию ресурсов и эффективность их взаимопреобразования, сформулирована проблема энерго-ресурсосбережения в сельскохозяйственном производстве и определен круг наиболее важных задач по обеспечению экономии энергетических и материальных ресурсов в технологических процессах АПК.

Во второй главе «Обоснование научно-методологических основ энерго-ресурсосбережения в технологических процессах АПК» рассмотрены основные направления материально-энергетических преобразований и зависимость их эффективности от произведения плотности потока и скорости распространения преобразуемых субстанций в упругой среде, описаны научно-методологические основы энерго-ресурсосбережения в технологических процессах АПК, обоснован способ оценки эффективности разнотипных материально-энергетических преобразований с учетом стереометрических показателей преобразователей.

В третьей главе «Электротехнологические способы и технические средства энерго-ресурсосбережения в тепло- и водообеспечении объектов АПК» рассмотрены вопросы оптимизации подвода тепловой энергии в обогреваемые объекты АПК, экологически безопасного извлечения низкопотенциальной энергии из грунта, снижения запыленности воздушной среды отапливаемых сооружений, изложены результаты исследований по проблеме ресурсосбережения при эксплуатации газовых водогрейных котлов малой мощности, рассмотрены вопросы организации взаимодействия элементов телеметрического оборудования в автоматизированных системах коммерческого учета водопотребления, описаны новые способы автономного питания измерительно-передающих устройств, доказана целесообразность использования ионисторов и способа их динамической коммутации для аккумуляции электрической энергии, а также описан новый способ энерго-ресурсосберегающего управления поливом.



В четвертой главе «Способы и технические средства для энерго-ресурсосбережения при проектировании и эксплуатации СВЧ-оборудования сельскохозяйственного назначения» приведены результаты исследования распределения СВЧ-энергии в рабочей камере микроволнового электрооборудования, обоснованы способы и технические средства повышения надежности микроволновых генераторов и алгоритм управления ими при переменной нагрузке.

В пятой главе «Энерго-ресурсосбережение при использовании силовых ветроэнергетических установок» произведены исследования, направленные на повышение эффективности силовых ветродвигателей, в частности, разработана методика расчета элементов конструкции и рабочих параметров, многолопастных ветродвигателей в составе ветроэлектростанций, рассмотрен способ уравнивания силовых ветродвигателей со взаимно-перпендикулярными валами и способ минимизации межосевого расстояния двухосевых силовых ветродвигателей.

В шестой главе «Перспективные направления разработки электротехнологических способов и технических средств энерго-ресурсосбережения в производственных процессах АПК» обоснован энерго-ресурсосберегающий способ осушения воздуха на объектах АПК, описаны способы и технические средства определения качества дражирования семян по количеству смеси, не вступившей в процесс образования оболочки, обоснован способ определения размеров драже по диэлектрической проницаемости дражируемой массы, приведено описание технологии дражирования семян в непрерывном режиме, определены рабочие параметры дражиратора с рабочим органом в виде наклонного транспортера, рассмотрен энерго-ресурсосберегающий способ аккумуляции энергии в системах автономного электроснабжения объектов АПК, приведены результаты исследований по утилизации кинетической энергии жидких теплоносителей в автономных системах отопления, обоснована целесообразность ресурсосберегающего электротехнологического способа борьбы с варроатозом пчел и определены показатели эффективности предложенных энерго-ресурсосберегающих технологий и технических средств для их осуществления.

В заключении автор привел краткую оценку результатов проделанной работы и сформулировал выводы по исследованиям, соответствующие поставленным задачам и определил перспективные направления дальнейших разработок новых электротехнологических способов и технических средств энерго-ресурсосбережения в технологических процессах АПК.

По материалам диссертации опубликованы 270 печатных работ, в том числе 60 в изданиях из перечня ведущих периодических изданий, определенных ВАК РФ Министерства науки и образования Российской Федерации, 2 в

международной базе цитирований Scopus, 57 авторских свидетельств и патентов на изобретения и полезные модели, 6 монографий.

### **Достоинства и недостатки содержания и оформления диссертации**

Диссертационная работа написана соискателем самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные положения и результаты. Текст диссертации изложен грамотным, научным языком. Материал представлен вполне логично, а содержащиеся в диссертации иллюстрации существенно упрощают восприятие материала.

По диссертации имеются следующие замечания:

1. Предлагая совокупности уравнений (2.1)...(2.3) на странице 36 для описания динамики материально-энергетических преобразований соискатель ничего не говорит о световой энергии или энергии, сопровождающей химические реакции.

2. На 18 странице диссертации соискатель пишет: «...не выдерживает критики распространенная классификация энергетических источников на возобновляемые и невозобновляемые», что выглядит слишком дерзко. Указанная классификация является общепринятой и ей благополучно пользуются уже более 30 лет.

3. На 102 странице диссертации автор приводит выражение (3.37), которое описывает динамику дискретно-нелинейной системы. Буквально на следующей странице, ссылаясь на это выражение, делается заключение о целесообразности использования пропорционально-интегрального закона управления. При этом остается неясным: каким образом этот закон управления обеспечит достаточную помехозащищенность и требуемое значение коэффициента ошибки в установившемся режиме.

4. Экспериментальные исследования процесса горения в озонозвоздушной среде проводились с использованием обычных восковых свечей, размещенных в опытной камере. В то же время результаты этих исследований соискатель распространяет на топочные камеры, в которых топливом является природный газ.

5. Соискатель многократно, например, на страницах 111, 115, 118, 120, 130, 254 и других, избегает приводить подробные рассуждения или математические преобразования, заменяя их ссылками на свои публикации. Такой подход вынуждает читателя диссертации обращаться к посторонним источникам, что затрудняет восприятие материала.

6. В параграфе 4.1 автор приводит информацию об исследованиях распределения электромагнитного поля в камере микроволновой установки КБН-82. Результаты этих исследований рассматриваются соискателем как



обобщающие, в то время как на самом деле они являются частными. При исследовании других микроволновых установок результат может получиться совсем иным.

7. Пятая глава диссертации посвящена совершенствованию эффективности преобразования кинетической энергии воздушного потока в силовых ветроэнергетических установках. Следует отметить, что ветродвигатели, использующие силовые свойства ветра, характеризуются крайне низкой эффективностью и в настоящее время почти не используются.

8. При иллюстрации показателей энергетической эффективности технологических процессов целесообразно было бы использовать традиционные единицы измерения энергии – Джоули или калории.

9. При определении алгоритма управления микроволновым генератором на 178...181 страницах диссертации автор использовал довольно длительную процедуру поиска коэффициентов двухфакторной модели на основе однофакторных двухпараметрических функций. Такой подход вряд ли можно признать эффективным, поскольку современные вычислительные средства позволяют легко описать смоделировать исследуемый процесс с помощью полиномиальных многочленов.

10. При обосновании эффективности утилизации части кинетической энергии теплоносителя в безнасосных отопительных системах (на стр.255-257) автор считает, что контур движения жидкости имеет форму окружности. При таком допущении значительная часть местных сопротивлений потоку жидкости не учитывается, что существенно снижает точность выводов.

### **Заключение**

Диссертационная работа Андреева Сергея Андреевича на тему «Научно-методологические основы энерго-ресурсосбережения в технологических процессах АПК» на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки) является научно-квалификационной работой, выполненной самостоятельно, и содержащей решение актуальной проблемы эффективного использования материальных и энергетических ресурсов.

Учитывая достаточный объем проведенных исследований, их научную новизну, теоретическую и практическую значимость, в также уровень реализации и апробации полученных результатов, считаем, что диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о присвоении ученых степеней», утвержденного правительством Российской Федерации от 24.09.2013 г

№ 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор – Андреев Сергей Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки).

Автореферат, диссертация и отзыв рассмотрены и обсуждены на заседании кафедры «Агроинженерии и электроэнергетики» ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ протокол № 8 от 18 апреля 2024 года.

Отзыв подготовлен:

заведующий кафедрой агроинженерии  
и электроэнергетики, кандидат технических  
наук, доцент \_\_\_\_\_

Гурьянов Дмитрий Валерьевич

Профессор кафедры агроинженерии  
и электроэнергетики, доктор технических  
наук, профессор \_\_\_\_\_

Гордеев Александр Сергеевич

Подписи, ученые степени, ученые степени и должности Гурьянова Д.В. и Гордеева А.С. удостоверяю

Адрес: 393760, Тамбовская обл.,  
г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101,  
Телефон: +7 (47545) 3-88-01  
Адрес электронной почты: [info@mgau.ru](mailto:info@mgau.ru)  
Сайт: <http://mgau.ru>

